

Tietomallin hyödyntäminen sähkösuunnittelussa

Janne Koskensilta

Opinnäytetyö
Helmikuu 2016
Tekniikan ja liikenteen ala
Insinööri (AMK), automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä(t) Koskensilta, Janne	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä 18.02.2016
	Sivumäärä 27	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Tietomallin hyödyntäminen sähkösuunnittelussa		
Tutkinto-ohjelma Automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Vesa Hytönen		
Toimeksiantaja(t) ProSolve Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda 70-luvulla rakennetun asuinkerrostalon sähkökuvat rakennuksesta luotuun tietomalliin. Samalla tietomalliin tehtyjä alkuperäisiin pohjautuvia sähkökuvia muutettiin nykyaikaisemmiksi tulevaisuuden mahdollisen hyödyntämisen kannalta. Nykyaikaistaminen pohjautui kiinteistöstä tehtyyn kuntoarvioon sähköjärjestelmistä.</p> <p>Työn tavoitteena oli myös tutkia millaisia hyötyjä tietomallipohjainen sähkösuunnittelu voi tuoda perinteiseen suunnitteluun nähden, miten yrityksen tarjoamaa laserkeilausta voidaan hyödyntää tietomallipohjaisessa sähkösuunnittelussa, sekä millainen tulevaisuuden näkymä tietomallipohjaisella suunnittelulla on.</p> <p>Työ toteutettiin tutustumalla omatoimisesti työssä käytettäviin ohjelmistoihin, sekä niiden tarjoamiin ominaisuuksiin. Työn tutkimusosassa tietomallin tilaa ja tulevaisuutta selvitettiin internetlähteiden avulla.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena syntyi rakennuksen tietomalli, joka sisältää rakennuksen nykyaikaiset sähkösuunnitelmat. Tietomallia voidaan tulevaisuudessa käyttää esimerkkinä siitä, miltä tietomallia hyödyntävä projekti voi näyttää. Työssä tehtyä tietomallia käytettiin myös tutkimuskohteena, kun verrattiin hyötyjä perinteiseen suunnitteluun.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Tietomalli, MagiCAD, sähkö, suunnittelu, laserkeilaus		
Muut tiedot		

Author(s) Koskensilta, Janne	Type of publication Bachelor's thesis	Date 18.02.2016
		Language of publication: Finnish
	Number of pages 27	Permission for web publication: x
Title of publication Utilizing information modeling in electrical engineering		
Degree programme Automation Engineering		
Supervisor(s) Hytönen, Vesa		
Assigned by ProSolve Oy		
<p>Abstract</p> <p>The goal of the bachelor's thesis was to create electrical designs to the information model of a multi-storey apartment house. Changes were made to the original electrical design to modernize them for possible future exploitation. The modernization was based on a quality test that was made on the property's electrical system.</p> <p>The goal of the thesis was also to research what kind of benefits information modeling can achieve compared to traditional designing, how laser scanning can be exploited in information modeling based design, and what kind of prospects information modeling has.</p> <p>The thesis was carried out by getting to know the programs used in the thesis and their features. In the research part of the thesis the state and future of information modeling was researched utilizing internet sources.</p> <p>The result of the thesis was a building information model of the property that includes the modernized electrical design. The information model can be used as an example of what a project exploiting information modeling can look like. The information model created in the work was also used as a research subject when benefits to traditional designing were compared.</p>		
Keywords/tags (subjects)		
Building information model, BIM, MagiCAD, electrical, design, laser scanning		
Miscellaneous		

Sisältö

1	Johdanto.....	4
2	Toimeksiantaja	4
2.1	ProLine – Konesuunnittelu	5
2.2	ProKiPa – Kiinteistöpalvelut	5
2.3	ProDigit – 3D-skannauspalvelut	6
3	Rakennuksen tietomalli (BIM).....	6
3.1	Tuotemallintaminen	7
3.2	IFC-tiedonsiirtostandardi.....	8
3.3	BuildingSMART Finland	8
3.4	MagiCAD	9
4	Työn kohde	9
4.1	Laserkeilattu 3D-malli.....	9
4.2	Sähköjärjestelmän kuntoarvio	11
4.3	Huipputeholaskelma ja ylikuormitusuojan varmistus	12
5	Työn toteutus	15
5.1	Kuntoarvioon perustuvat muutokset.....	15
5.1.1	Sähköjärjestelmä	15
5.1.2	Tele- ja datajärjestelmät.....	16
5.2	Sähkökuvien siirto tietomalliin	17
5.3	Tietojen ulos vienti MagiCAD:stä	19
5.3.1	Valaisin- ja määräluettelo.....	19
5.3.2	Syöttökaapelin pituus	21
6	Tutkimustulokset.....	22
6.1	Laserkeilauksen hyödyntäminen tietomallipohjaisessa sähkösuunnittelussa.....	22
6.2	Mitä etuja on saavutettavissa tietomallinnusta hyödyntävässä sähkösuunnittelussa?	23

6.2.1	Määräluettelot.....	23
6.2.2	Kaapelitietojen hyödyntäminen	24
6.3	Mitä tulevaisuuden näkymiä tietomallipohjaisella suunnittelulla on?	24
6.3.1	Seminaari: Tilaaja avainasemassa tietomallien käytölle!	24
6.3.2	Talotekniikkakysely 2015	25
7	Pohdinta	26
	Lähteet.....	28

Kuviot

Kuvio 1. Esimerkki seinän tiedoista Revit-ohjelmistossa	7
Kuvio 2. Laserkeilattu ja 3D-mallinnettu rakennus	10
Kuvio 3. Kiinteistön 3D-mallinnettu julkisivu	11
Kuvio 4. Kiinteistön huipputeholaskelma.....	13
Kuvio 5. Ylikuormitussuojan varmistus	14
Kuvio 6. TN-C –järjestelmä (Harsia. 2013).....	15
Kuvio 7. TN-S –järjestelmä (Harsia. 2013).....	16
Kuvio 8. Leikkauskuva kellarista ja 1. kerroksesta	17
Kuvio 9. Esimerkki uuden ja vanhan sähkökuvan välillä	18
Kuvio 10. MagiCAD:n valaisimen tietokantaikkuna	19
Kuvio 11. Bill of Materials –työkalun valintaikkuna	20
Kuvio 12. MagiCAD:llä luotu valaisinluettelo Excel -taulukkona.....	20
Kuvio 13. Valaisinryhmän syöttökaapelin pituus	21
Kuvio 14. 3D-mallinnetut johtotiet	22

1 Johdanto

Sähkösuunnittelu koki muutoksia, kun 80-luvulla käsin piirretyistä sähkökuvista siirryttiin tietokoneavusteiseen CAD-suunnitteluun. Nyt CAD-suunnittelun ohella on alkanut lisääntymään kolmiulotteinen tietomallipohjainen suunnittelu. Vaikka tietomallipohjainen suunnittelu on koko ajan lisääntynyt talotekniikkasuunnittelussa, uuden suunnittelutavan ottaminen käyttöön vaatii tekijältään osittain luopumista vanhasta ajattelumallista.

Opinnäytetyön tavoitteena oli mallintaa toimeksiantajalle olemassa olevan asuinkerrostalon sähköistys kiinteistöstä jo aikaisemmin luotuun tietomalliin, jota voitaisiin myös mahdollisesti hyödyntää tulevaisuudessa. Tavoitteena oli myös tutustua tietomallipohjaiseen sähkösuunnitteluun sekä tutkia minkälaisia hyötyjä yritykselle sillä voitaisiin saavuttaa perinteiseen 2D-suunnitteluun verrattuna.

Työn kohde oli ollut aikaisempaan projektina yrityksessä, joten siitä oli valmiina olemassa tietomalli, johon sähköistys tehtiin. Kiinteistöstä oli valmiina kuntoarvio, joka käsitteli koko kiinteistön osalta myös sähköjärjestelmät, ja se otettiin huomioon sähkökuvia laatiessa muuttamalla sähköjärjestelmä nykyaikaiseksi turvallisuuden kannalta.

2 Toimeksiantaja

ProSolve Oy on vuonna 2004 perustettu suunnittelutoimisto, joka aloitti toimintansa kahden kaveruksen toimesta nimellä ProLine. Vuonna 2005 yritysmuoto muuttui osakeyhtiöksi. Seuraavana vuonna myös kiinteistöpalvelut tulivat osaksi yritystä ja vuonna 2007 mukaan kuuluivat myös skannauspalvelut. (ProSolve N.d.)

Yrityksen kasvaminen vaati muuttoa isompiin tiloihin ja samalla se mahdollisti omien ja asiakkaiden tuotekehitysprojektien läpiviennin omissa tiloissa. Vuonna 2011 avattiin Kotkan sivutoimipiste ja saman vuoden syksynä tapahtui organisaatiomuunnos, kun ProLine Oy muuttui ProSolve Oy:ksi ja yritys jakautui kolmeen eri toimialueeseen, jotka ovat ProLine, ProKiPa sekä ProDigit. (ProSolve N.d.)

2.1 ProLine – Konesuunnittelu

ProLine tarjoaa kone- ja laitesuunnittelupalveluita kokonaispalveluina teollisuuteen. Toiminnassa hyödynnetään suunnitteluohjelmistojen lisäksi 3D-skannausta ja tuotteista voidaan tehdä mallikappaleet, joiden koekäyttö sekä käytettävyystudkimus tapahtuvat yrityksen omalla pajalla. ProLinen palveluihin kuuluu myös asiakkaan tarpeiden mukainen tuotekehitys, lujuuslaskenta sekä 3D-tulostuspalvelut. (ProLine N.d.)

2.2 ProKiPa – Kiinteistöpalvelut

ProKiPa tarjoaa suunnittelu- rakennuttamis- sekä valvontapalveluita, jotka voivat tarvittaessa kattaa tuotteiden ja rakenteiden suunnittelun sekä projektoinnin valmistukseen asti. Muita kiinteistöpalveluita, joita ProKiPa tarjoaa, ovat:

- Joustavan asumisen palvelut
- Inventointimallinnus
- Energiapalvelut
- Kuntoarviot, -tutkimukset ja suunnitelmat
- Asuntokaupan palvelut
- Mittauspalvelut
- Esteettömyyspalvelut

(ProKiPa N.d.)

2.3 ProDigit – 3D-skannauspalvelut

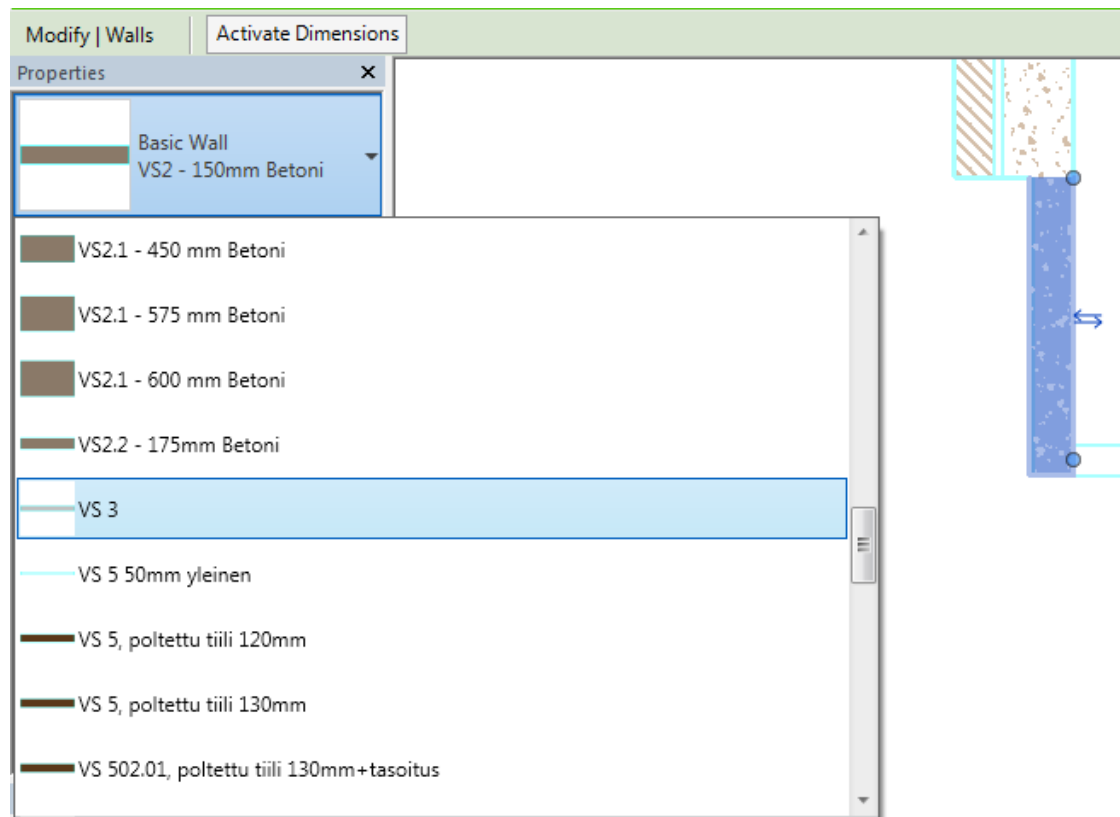
3D-skannauspalvelut mahdollistaa skannattavan kohteen mittauksen, kun mitattavassa kohteessa on paljon haastavia muotoja, joita ei välttämättä pystytäkään mittaamaan perinteisin keinoin. Palveluihin kuuluu myös valmiin kohteen tarkistusmittaus esimerkiksi vertaamalla skannattua tietoa suunniteltuun malliin. ProDigit tarjoaa myös ympäristön digitointipalveluita, jossa hyödynnetään erilaisia 3D-skannausmenetelmiä, joilla voidaan huomioida ympäristön vaatimuksia sekä tilojen asettamia rajoituksia. (ProDigit N.d.)

3 Rakennuksen tietomalli (BIM)

Myös rakennusten suunnittelussa kuten sähkösuunnittelussakin on siirrytty käsin piirtämisestä tietokoneavusteiseen CAD-suunnitteluun ja nyt perinteinen CAD-suunnittelu on muuttumassa tietomallipohjaiseen 3D-suunnitteluun (Laine 2008, 3).

Tietomallipohjaisessa suunnittelussa tuotteen rakennetta kuvaa tuotemalli (ts. tuotetietomalli), joka sisältää itseensä tuotteen tuottamiseen sekä käyttämiseen tarvittavat tiedot. Tuotemallinnuksessa tavalliseen kolmiulotteisesti mallinnettuun rakennukseen verrattuna saadaan rakennukseen muodon lisäksi liitettyä tietoa ja kuvauksia rakennuksen eri osista. Rakennuksen tietomalli saa nimensä englanninkielisestä termistä Building Information Model (BIM). (Laine 2008, 3.)

Tuotemallinnuksessa rakennuksen 3D-mallinnettuun seinään saadaan määritettyä tietoa esimerkiksi seinän materiaalista ja paksuudesta (ks. kuvio 1).



Kuvio 1. Esimerkki seinän tiedoista Revit-ohjelmistossa

3.1 Tuotemallintaminen

Tuotemallinnuksessa projektin tietoja hallitaan kokonaisvaltaisesti digitaalisessa muodossa, jolloin suunnittelussa, toteuttamisessa sekä ylläpidossa tarpeelliset tiedot ovat saatavilla paremmin kuin paperisten piirustuksien kanssa. Perinteiset piirustukset perustuvat ihmisen tulkintaan ja ovat suunniteltu ihmisen luettavaksi, kun tuotemallinnetussa aineistossa piirustuksia tulkitsevat ja lukevat myös ohjelmistot ja tietojärjestelmät. (Laine 2008, 7.)

Rakennuksen tilat, rakenteet, ominaisuudet sekä mitat ja määrät voidaan tallentaa rakennuksen tuotemalliin. Rakennushankkeen eri osapuolet pystyvät yhteisen tuotemallin johdosta tallentamaan ja siirtämään tietoa keskenään perinteisiä menetelmiä

tehokkaammin. Tuotemallinnuksessa tiedonsiirtomenetelmien lisänä siihen liittyy keskeisesti myös yhteistyön periaatteet rakennushankkeen eri osapuolien välillä: Miten ja kuka tuotemallin tekee, mitä tuotemalli tulee sisältämään, miten tuotemallin sisältämiä tietoja tullaan käyttämään. (Laine 2008, 7.)

3.2 IFC-tiedonsiirtostandardi

Jotta tuotemallien kanssa työskentely eri ohjelmistojen välillä sujuisi tehokkaasti rakennushankkeessa, on tuotemallinnusta varten kehitetty oma tiedonsiirtostandardi. IFC (International Foundation Classes) on kansainvälisen BuildingSMART liittouman kehittämä avoin tiedonsiirtoformaatti, joka on tarkoitettu parantamaan tiedonsiirtoa sekä tietojen yhdenmukaisuutta tietomallien ja kiinteistönpidon tietojärjestelmien välillä (Teicholz 2013, 27).

Tällä hetkellä ohjelmistoissa on yleisessä käytössä IFC-standardi 2x3, vaikka sen uusin versio IFC 4 (IFC 2x4) on jo julkaistu (Standardit N.d.).

Suomalaisista sähkö- ja LVIA-suunnitteluohjelmistoista IFC 2x3-sertifioituja ovat mm.:

- MagiCAD
- CADiE Sähkö
- CADS Planner Hepac Pro
- CADS Planner Electric Pro

(IFC on MagiCAD; CADiE Sähkö; Hepac Pro; Electric Pro).

3.3 BuildingSMART Finland

Suomalainen haara kansainvälisestä BuildingSMART liittoumasta on rakennustietosäätöön alaisuuteen kuuluva puolueeton BuildingSMART Finland yhteistyöfoorumi,

joka on muodostunut suomalaisista kiinteistö- ja infra-alan omistajista sekä palveluntuottajista. Foorumin toimintaan kuuluvat omistajien ohella suunnittelijat, urakoitsijat, ohjelmistotalot, yliopistot ja oppilaitokset sekä rakennusalan muut yritykset. BuildingSMART Finlandin keskeisenä tavoitteena toiminnalla on tieto- ja kaupunkimallinnuksen laajentaminen Suomessa. (Henttinen 2015, 30.)

3.4 MagiCAD

Opinnäytetyön sähkösuunnittelu tehtiin MagiCAD:llä, joka on Progran Oy:n talotekniikan suunnittelu- sekä laskentaohjelmisto, joka soveltuu muun muassa sähkö-, data-, tele- sekä lvi-järjestelmien suunnitteluun. MagiCAD:stä on omat versionsa Autodeskin AutoCAD ja Revit –ohjelmistoille. (MagiCAD lyhyesti.)

4 Työn kohde

Opinnäytetyön kohteena oli Jyväskylässä sijaitseva, vuonna 1971 rakennettu k+5-kerroksinen asuinkerrostalo. Rakennuksessa on yhteensä 18 asuinhuoneistoa, jotka sijaitsevat 1.-5. kerroksessa sekä kellarissa sijaitsevat kolme autotallia. (RS¹⁵ Kuntoarvio 2011, 5.)

4.1 Laserkeilattu 3D-malli

Laserkeilauksessa mittalaite lähettää lasersäteitä mitattavaan kohteeseen ja laskee säteiden törmäyspisteiden sijainnit niiden kimmotessa kohteesta. Usein keilaus tehdään useasta suunnasta, jotta vältetään katvealueilta. Skannatusta materiaalista saadaan aikaan pistepilvi, jossa on sijoitettuna lasersäteiden kimmoamiskohdat pisteinä. (Laserkeilaus 2015.)

Kiinteistö on ollut aikaisempaan projektikohteena yrityksessä, jolloin se on laserkeilattu huoneistojen, yleisten tilojen sekä julkisivun osalta niin, että jokainen pinta vastaa todellisuutta. Keilaus on suoritettu FARO Focus 3D 120 –skannerilla. Kuviossa 2 on vierekkäin sekä laserkeilattu aineisto, että 3D-mallinnettu rakennus.



Kuvio 2. Laserkeilattu ja 3D-mallinnettu rakennus

Kuviossa 3 on Revit –ohjelmistolla tehty 3D-malli, joka perustuu alkuperäisiin pohjapiirustuksiin sekä laserkeilattuun aineistoon rakennuksesta.



Kuvio 3. Kiinteistön 3D-mallinnettu julkisivu

4.2 Sähköjärjestelmän kuntoarvio

Kokonaiskuva kiinteistön vioista sekä korjaustarpeista saadaan kuntoarvion avulla. Kuntoarviossa asiantuntija arvioi aistinvaraisesti havainnoiden kiinteistön kaikki osat alueet.

- piha- ja maa-alueet
- rakenteet
- LVI-järjestelmät
- sähkö-, tele- ja tietotekniikka
- energiatalous

- sisäolosuhteet

Kuntoarvio ei kuitenkaan aistinvaraiseen havainnointiin pohjautuen kata luotettavasti kaikkia kiinteistön kuntoon liittyviä asioita, joten asiantuntija voi suositella erikseen tehtävää perusteellisempaa kuntotutkimusta. (Lappalainen 2011, 12.)

Kiinteistölle on tehty kuntoarvio vuonna 2011, jossa on selvitetty merkittävimmät korjaus ja tutkimustarpeet. Kuntoarvio on tehty koko rakennukseen sisältäen sähköjärjestelmän lisäksi myös LVI- sekä rakennustekniikan.

Kiinteistössä on pääosin alkuperäinen, rakennusajankohdalleen tyypilliset sähköjärjestelmät sekä telejärjestelmät. Kiinteistön keskukset ovat elinkaaren päässä. Huoneistoissa sijaitsevat ryhmäkeskukset ovat vanhentuneita eivätkä vastaa huoneistoille nykypäivänä asetettuja vaatimuksia. Huoneistojen ryhmäkeskuksille tuleva nousukaapelointi pääkeskukselta on toteutettu nelijohdinjärjestelmällä TN-C, joka ei vastaa nykyisiä turvallisuusvaatimuksia. Rakennuksen ulko- sekä sisävalaisimet ovat suositeltuja uusittaviksi. Ulkovalaistusta on ehdotettu lisättäväksi ja uusimisella parannetaan asumismukavuutta ja turvallisuutta. Valaistuksen ja sen ohjauksen nykyaikaistaminen parantaisi energiatehokkuutta. (RS¹⁵ Kuntoarvio 2011, 7; Lausunto sähköjärjestelmistä, 1.)

Havaintojen mukaan kiinteistössä on alkuperäinen puhelinjärjestelmän verkko- ja antennijärjestelmä. Antennijärjestelmä on digikelpoinen, mutta puhelinverkon suorituskyky ei riitä nopeille xDSL-yhteyksille. Yleiskaapelointi suositellaan uusittavaksi nykyajan vaatimusten mukaiseksi koko kiinteistössä (RS¹⁵ Kuntoarvio 2011, 7; Lausunto sähköjärjestelmistä, 1).

4.3 Huipputeholaskelma ja ylikuormitussuojan varmistus

Kiinteistölle tehtiin huipputeholaskelma (ks. kuvio 4) ST-kortin 13.31 mukaan ja sen avulla myös huoneistoille laskettiin oletetut huipputehot (ST 13.31 Rakennuksen sähköverkon ja liittymän mitoittaminen).

Ryhmäkeskuksille tulevat nousujohtokaapelit mitoitettiin uusiksi saatujen tulosten mukaan, sekä huoneistojen valituille pääsulakkeille suoritettiin ylikuormitussuojan varmistus (ks. kuvio 5). Kuvioissa 4 ja 5 näkyy jo uudelleen valitut nousujohtokaapelit. Kaapelien pituus arvioitiin laskemalla rakennuksen tietomallista niiden oletetun reitin pituus mittauskeskuksilta ryhmäkeskuksille ja samoin tehtiin myös mittauskeskuksien ja pääkeskuksen välillä.

Huipputeholaskelma

Kohde Puistotori 2

Laskentakaava		$Ph_{max} = P_{val} \cdot Ah / 1000 + P_{kk} + P_{kev}$ $P_{val} = \text{valaistuskaruma, } 10 \text{ W/m}^2$ $P_{kev} = \text{kiukaan ei vuoroteltu osa, kW}$ $P_{kk} = 6,0 + 20 \cdot Ah / 1000$ $Ah = \text{huoneiston pinta-ala, m}^2$ $P_{kk} = \text{kojekuuma, kW}$ $I_{hmax} = Ph_{max} / (\sqrt{3} \cdot U_p \cdot \cos\phi_{hii})$ $\cos\phi_{hii} = 0,96$							
Asunto	Kaapeli	Koko, m ²	Pituus, m	Ah, m ²	Pkk, kW	Pkev, kW	Phmax, kW	Ihmax, A	Sulake
M1									
1	MCMK	6	13,8	66	7,32		7,98	12,00	16
2	MCMK	6	16,8	40	6,8		7,2	10,83	16
3	MCMK	6	19,8	40	6,8		7,2	10,83	16
4	MCMK	6	18,3	61	7,22		7,83	11,77	16
5	MCMK	6	16,6	66	7,32		7,98	12,00	16
6	MCMK	6	19,6	40	6,8		7,2	10,83	16
7	MCMK	6	22,6	40	6,8		7,2	10,83	16
8	MCMK	6	21,1	61	7,22		7,83	11,77	16
9	MCMK	6	19	82	7,64		8,46	12,72	16
10	MCMK	6	22	25	6,5		6,75	10,15	16
11	MCMK	6	25	25	6,5		6,75	10,15	16
12	MCMK	6	23,5	75	7,5		8,25	12,40	16
Yht.				621					
Keskiarvo				51,75			7,553		
MK2									
13	MCMK	6	13,8	82	7,64		8,46	12,72	16
14	MCMK	6	11,4	25	6,5		6,75	10,15	16
15	MCMK	6	11,5	25	6,5		6,75	10,15	16
16	MCMK	6	11,6	75	7,5		8,25	12,40	16
17	AMCMK	25	7,6	110	16,2	7,5	24,8	37,29	40
18	AMCMK	25	7,7	102	16,04	7,5	24,56	36,93	40
Yht.				419					
Keskiarvo				69,833			13,262		

Laskentakaava		$P_{max} = C(Nh) \cdot Nh \cdot Ph_{max}$ $C(Nh) = \text{tasauskerroin huoneistojen välillä}$ $Nh = \text{huoneistojen määrä}$ $Ph_{max} = \text{keskimääräinen huoneistoteho, kW}$ $C(Nh) = C_{min} + (1 - C_{min}) \cdot \{1 / [1 + \log(Nh) / \log(Ah)]\}^{\wedge} 3,5$ $C_{min} = 0,2$ $Ah = \text{huoneiston keskimääräinen pinta-ala}$ $Ah = Akrs / Nh$ $Akrs = \text{rakennuksen kerrospinta-ala, m}^2$							
Nousut	Kaapeli	Koko, m ²	Pituus, m	Akrs, m ²	Nh	Ah, m ²	C(Nh)	Phmax, kW	Pmax, kW

M1	AMCMK	35	7	621	12	51,75	0,345	7,55	31,26735
MK2	AMCMK	50	24	419	6	69,83	0,433	13,26	34,45381
Yht.									65,72116

Laskentakaava		$I_{max} = P_{max} / (\sqrt{3} \cdot U_p \cdot \cos\phi_{hii})$ $U_p = 0,4 \text{ kV}$			
Nousut	Pmax, kW	Cosphi	Imax, A	Sulake	

M1	31,26735	0,96	47,01	3x50	
MK2	34,45381	0,96	51,80	3x63	

Kuvio 4. Kiinteistön huipputeholaskelma

Ylikuormitussuojan varmistus

Asunto	Kaapeli	Koko, m ²	Pituus, m	Ah, m ²	Pkk, kW	Pkev, kW	Phmax, kW	Ihmax, A	Sulake
M1									
1	MCMK	10	12,8	66	7,32		7,98	11,998	16
2	MCMK	10	15,8	40	6,8		7,2	10,825	16
3	MCMK	10	18,8	40	6,8		7,2	10,825	16
4	MCMK	10	17,3	61	7,22		7,83	11,773	16
5	MCMK	10	15,6	66	7,32		7,98	11,998	16
6	MCMK	10	18,8	40	6,8		7,2	10,825	16
7	MCMK	10	21,6	40	6,8		7,2	10,825	16
8	MCMK	10	20,1	61	7,22		7,83	11,773	16
9	MCMK	10	18	82	7,64		8,46	12,720	16
10	MCMK	10	21	25	6,5		6,75	10,149	16
11	MCMK	10	24	25	6,5		6,75	10,149	16
12	MCMK	10	22,5	75	7,5		8,25	12,404	16
Yht.				621					
Keskiarvo				51,75			7,553		
MK2									
13	MCMK	10	12,8	82	7,64		8,46	12,720	16
14	MCMK	10	10,4	25	6,5		6,75	10,149	16
15	MCMK	10	10,5	25	6,5		6,75	10,149	16
16	MCMK	10	10,6	75	7,5		8,25	12,404	16
17	MCMK	10	6,3	110	16,2	7,5	24,8	37,287	40
18	MCMK	10	6,7	102	16,04	7,5	24,56	36,926	40
Yht.				419					
Keskiarvo				69,833			13,262		

gG sulakkeen toimintarajavirta I ₂			
Nimellisvirta	Alempi toimintarajavirta	Ylempi toimintarajavirta	Aika
$I_n \leq 4 \text{ A}$	$1,5 \cdot I_n$	$2,1 \cdot I_n$	1 h
$4 \text{ A} < I_n \leq 16 \text{ A}$	$1,5 \cdot I_n$	$1,9 \cdot I_n$	1 h
$16 \text{ A} < I_n \leq 63 \text{ A}$	$1,25 \cdot I_n$	$1,6 \cdot I_n$	1 h
$63 \text{ A} < I_n \leq 160 \text{ A}$	$1,25 \cdot I_n$	$1,6 \cdot I_n$	2 h
$160 \text{ A} < I_n \leq 400 \text{ A}$	$1,25 \cdot I_n$	$1,6 \cdot I_n$	3 h
$400 \text{ A} < I_n$	$1,25 \cdot I_n$	$1,6 \cdot I_n$	4 h

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_b = I_{hmax}$$

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_z$$

Asunto	I _b , A	I _n , A	Kaapeli	Koko, m ²	Asennustapa	I _z , A	Suojaava sulake voi olla enintään
1	12,00	16	MCMK	6	A	31	23,66
2	10,83	16	MCMK	6	A	31	23,66
3	10,83	16	MCMK	6	A	31	23,66
4	11,77	16	MCMK	6	A	31	23,66
5	12,00	16	MCMK	6	A	31	23,66
6	10,83	16	MCMK	6	A	31	23,66
7	10,83	16	MCMK	6	A	31	23,66
8	11,77	16	MCMK	6	A	31	23,66
9	12,72	16	MCMK	6	A	31	23,66
10	10,15	16	MCMK	6	A	31	23,66
11	10,15	16	MCMK	6	A	31	23,66
12	12,40	16	MCMK	6	A	31	23,66

Asunto	I _b , A	I _n , A	Kaapeli	Koko, m ²	Asennustapa	I _z , A	Suojaava sulake voi olla enintään
13	12,720	16	MCMK	6	A	31	23,66
14	10,149	16	MCMK	6	A	31	23,66
15	10,149	16	MCMK	6	A	31	23,66
16	12,404	16	MCMK	6	A	31	23,66
17	37,287	40	AMCMK	25	A	56	50,75
18	36,926	40	AMCMK	25	A	56	50,75

Keskus	I _b , A	I _n , A	Kaapeli	Koko, m ²	Asennustapa	I _z , A	Suojaava sulake voi olla enintään
M1	47,01	50	AMCMK	35	A	69	62,53
MK2	51,80	63	AMCMK	50	A	83	75,22

Kuvio 5. Ylikuormitussuojan varmistus

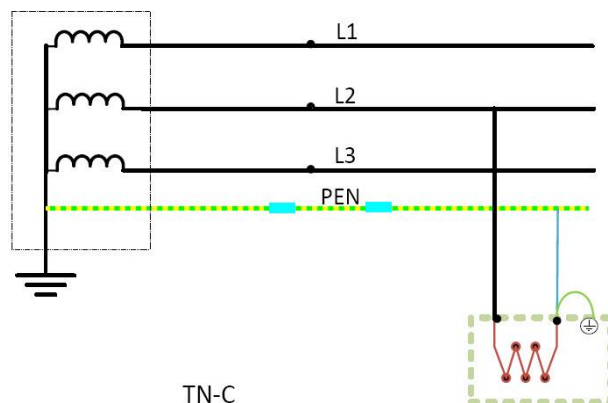
5 Työn toteutus

Työ tehtiin Autodesk Revit:iin saatavalla MagiCAD –ohjelmistolla, sillä kiinteistön tietomalli oli alun perin tehty Revit:illä, joten MagiCAD oli luonteva valinta sähkösuunnitteluohjelmaksi. Työ alkoi alkuperäisiin sähkökuviin sekä kiinteistön kuntoarvioon tutustumisella. Näiden perusteella tehtiin muutoksia työssä tehtävään kerrostalon sähköistykseen, jotta osa järjestelmistä saadaan tuotua vastaamaan nykyajan vaatimuksia.

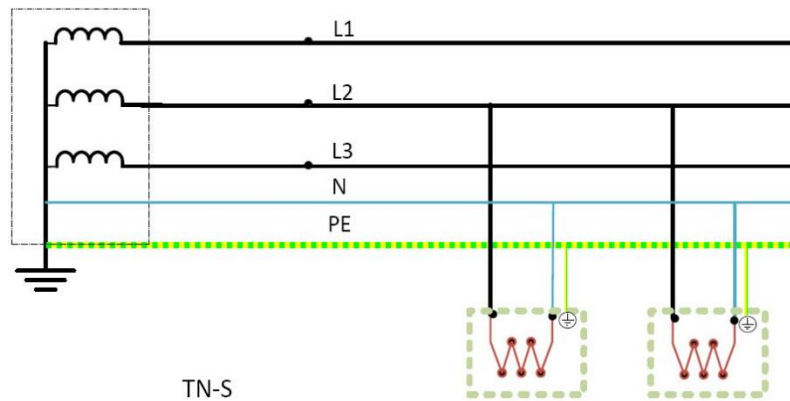
5.1 Kuntoarvioon perustuvat muutokset

5.1.1 Sähköjärjestelmä

Kuntoarvion perusteella ryhmäkeskuksien nousukaapelit nykyaikaistettiin muuttamalla ne työssä nelijohdinjärjestelmästä (TN-C) viisijohdinjärjestelmään (TN-S). TN-C -järjestelmässä koko järjestelmän nolla- että suojajohtimena toimii sama johdin (PEN-johdin), kun TN-S -järjestelmässä nolla- ja suojajohtimet (N- ja PE-johtimet) ovat koko järjestelmässä erilliset. Kuvioissa 6 ja 7 on myös esitetty näiden järjestelmien erot.



Kuvio 6. TN-C –järjestelmä (Harsia. 2013)



Kuvio 7. TN-S –järjestelmä (Harsia. 2013)

Myös asuinhuoneistojen sisäiset kaapeloinnit toteutettiin vastaavasti viisijohdinjärjestelmällä. Muutoksella saavutetaan nykyaikaiset turvallisuusvaatimukset sekä mahdollistetaan lisättyjen vikavirtasuojauksien toimiminen.

Asuinhuoneistojen sähköryhmät on suunniteltu uusiksi noudattaen nykyisiä vaatimuksia ja suosituksia. Enintään 30 mA vikavirtasuojauksia on lisätty kylpyhuoneisiin ja huoneistojen pistorasioille sekä liesien syötöt on muutettu kolmivaiheisiksi.

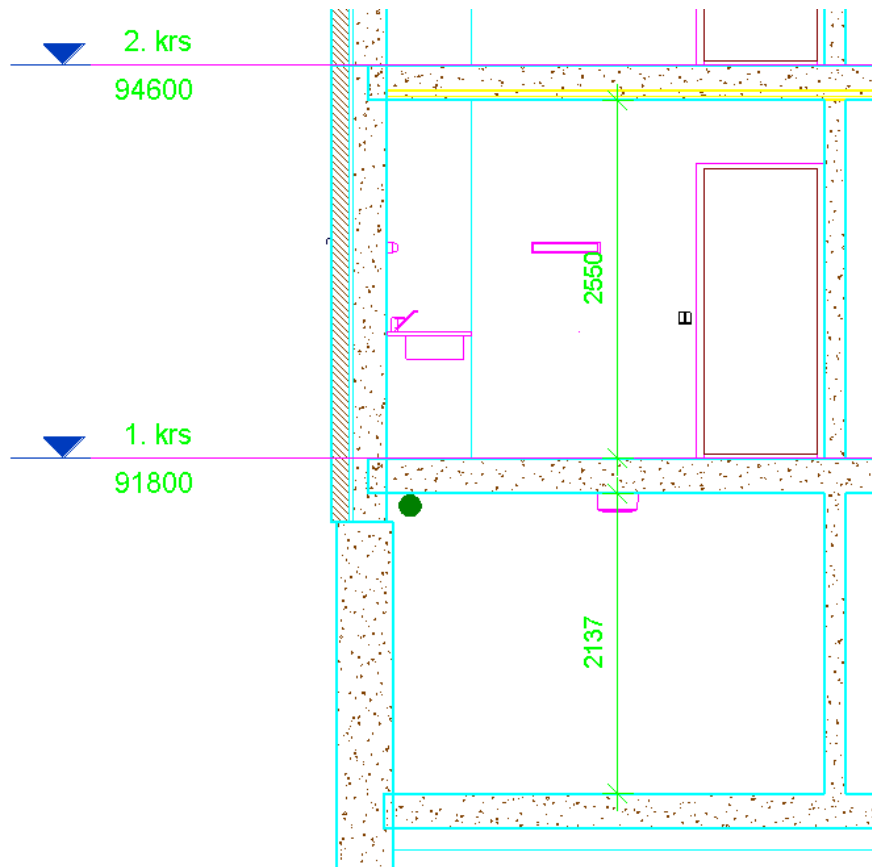
5.1.2 Tele- ja datajärjestelmät

Kiinteistön alkuperäinen puhelinsisäverkko on suunniteltu korvattavaksi yleiskaapeloinnilla, jossa talojakamolta viedään huoneistojen ryhmäkeskuksien IT-osaan CAT6 -luokan 2x4P –kaapeli. Puhelinpistorasioiden tilalle on suunniteltu RJ-45 yleiskaapelointirasiat. Antenniverkko oli uusittu jo digikelpoiseksi 2005 joten työssä on antennijärjestelmän osalta seurattu alkuperäisiä kuvia.

5.2 Sähkökuvien siirto tietomalliin

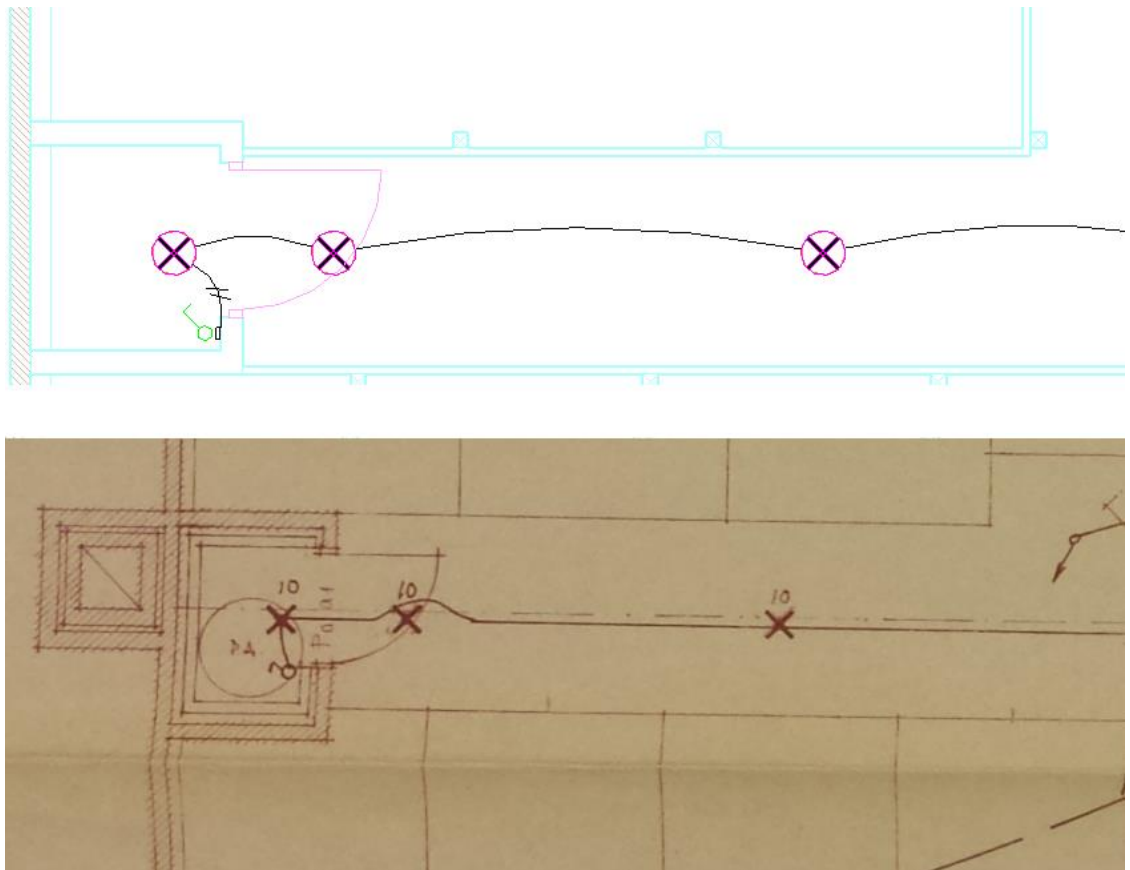
Sähkökuvat on piirretty uusiksi rakennuksen tietomalliin kerroskohtaisesti käyttäen apuna alkuperäisiä 70-luvulta peräisin olevia käsin piirrettyjä sähkökuvia. Osassa huoneistoja alkuperäiset pohjakuvat erosivat hieman laserkeilauksella tehdystä todellisesta pohjakuvasta, jossa huoneiden sijainnit ovat muuttuneet. Näissä tapauksissa huoneiden sähkökalusteiden sijainnit ovat arvioituja, kuitenkin seuraten alkuperäisten sijoituksien malleja.

MagiCAD:iin sijoitettaessa sähkökalusteita, pitää niille syöttää tietoihin asennuskorko. Huoneistojen korkeudet valaisimille saatiin kätevästi tietomalliin sisällytetyistä rakennuksen leikkauskuvista (ks. kuvio 8). Korkeudet kerroksissa vaihtelivat 2137 mm:n, 2537 mm:n, 2550 mm:n ja 2590 mm:n väleillä. Huoneistoissa kytkimien ja pistorasioden kohdalla pääsääntöisesti käytettiin asennuskorkona kytkimille $h = 1000$ mm ja pistorasioille $h = 200$ mm.



Kuvio 8. Leikkauskuva kellarista ja 1. kerroksesta

Kuvien piirtäminen uudelleen MagiCAD:iin sujui hyvin, sillä alkuperäisten kuvien symbolit olivat samanlaisia mitä nykyään on käytössä, joten 40 vuoden takaisten kuvien tulkinta oli helppoa. Kuviossa 9 on esitetty vierekkäin yksi vertaus vanhasta ja uudesta sähkökuvasta.



Kuvio 9. Esimerkki uuden ja vanhan sähkökuvan välillä

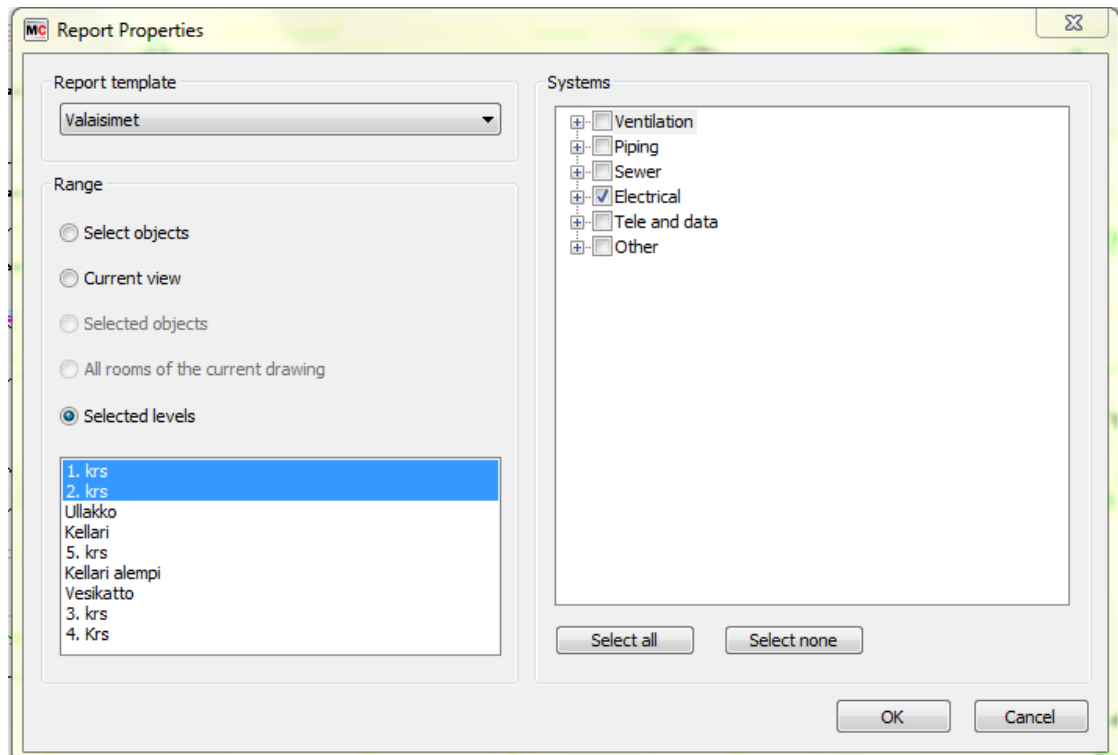
Vanhassa kuvassa valaisimen positionumero on kirjoitettu suoraan kuvaan valaisimen yläpuolelle, mutta uudessa kuvassa tietomallia hyödyntäen positionumero on syötetty valaisimen tietoihin mm. asennuskoron, valaisimen tyyppin sekä IP-luokituksen lisäksi. Seuraavalla sivulla kuviossa 10 on esitetty esimerkki, mitä valaisimen tiedot sisältävät, vaikka ne eivät suoraan näy sähkökuvissa. Tiedot on lisätty valaisimelle tietokantaan jo projektin alussa.

Kuvio 10. MagiCAD:n valaisimen tietokantaikkuna

5.3 Tietojen ulos vienti MagiCAD:stä

5.3.1 Valaisin- ja määräluettelo

MagiCAD:stä pystyy luomaan tarvittavia luetteloita suoraan tietomallista. Esimerkiksi valaisinluetteloja tehdessä ohjelma etsii mallin valaisimet ja tekee niistä luettelon valmiiseen pohjaan. Halutessaan voi päättää tehdäänkö valaisinluettelo vain yhdeltä sähkökuvatasolta vai koko rakennuksesta. Työssä jokainen kerros on oma tasonsa, joten tässä tapauksessa valaisinluettelot tulostuisivat kerroskohtaisesti. Kuviossa 11 näkyy esimerkki MagiCAD:n Bill of Materials –työkalusta, jolla määräluetteloita voi tehdä.



Kuvio 11. Bill of Materials –työkalun valintaikkuna

MagiCAD:llä luotavaan mallipohjaan voi määrätä objektien tiedot, jotka valitaan luetteloon. Kuviossa 12 on esimerkki MagiCAD:llä luodusta Excel-taulukkoon tehdystä valaisinluettelosta, jossa tietomallista on kerätty tiedot valaisimien positionumeroista, missä kerroksissa valaisimet sijaitsevat, mihin keskuksiin valaisimet kuuluvat, valaisimien tyypit, valmistajat, mallit, tehot, lamppujen kannat, IP-luokitukset, kommentit sekä valaisimien tuotekoodit.

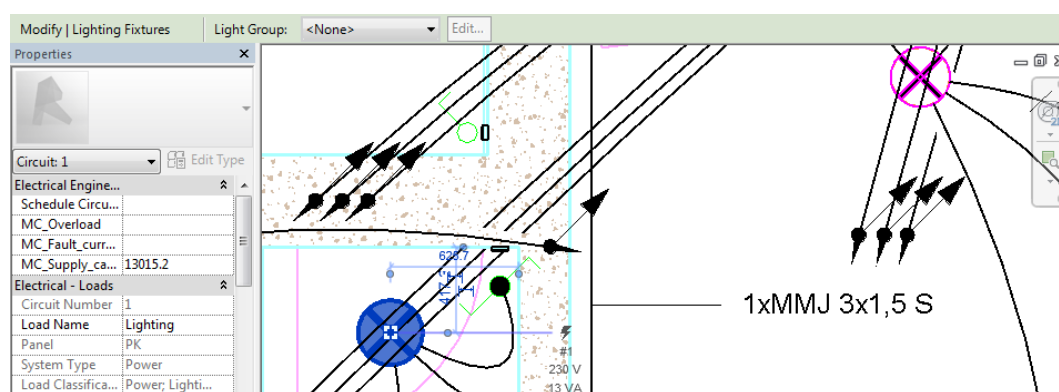
Valaisinluettelo										
Positio	Kerros	Keskus	Valaisintyyppi	Valmistaja	Malli	Teho	Kanta	IP-luokitus	Kommentit	Tuotekoodi
101	1. krs	PK	LED-yleisvalaisin, 6W	Alpilux	Alunette AL250LED	9 W	LED-moduli	IP54		4103190
101	1. krs	PK	LED-yleisvalaisin, 6W	Alpilux	Alunette AL250LED	9 W	LED-moduli	IP54	Ei oikeassa asennuskorossa	4103190
102	1. krs	RK01	LED-seinävalaisin, 9W	Airam	Ocean	9 W	LED-moduli	IP44		4207333
103	1. krs	RK01	Työpistevalaisin, 28W	Alpilux	Ami	9 W	G5	IP21		4103172
103	1. krs	RK01	Työpistevalaisin, 28W	Alpilux	Ami	9 W	G5	IP21		4103172
104	1. krs	RK01	LED-yleisvalaisin, 15W	Airam	Ronda	9 W	LED-moduli	IP20		4116116
111	1. krs	RK01	Seinävalaisin, 60W	Eglo	Balla	9 W	E27	IP20		Eglo27881
112	1. krs	RK01	Valaisinpistorasia, koukulla, maadoitettu			9 W		IP20		
112	1. krs	RK01	Valaisinpistorasia, koukulla, maadoitettu			9 W		IP20		
112	1. krs	RK01	Valaisinpistorasia, koukulla, maadoitettu			9 W		IP20		
112	1. krs	RK01	Valaisinpistorasia, koukulla, maadoitettu			9 W		IP20		
112	1. krs	RK01	Valaisinpistorasia, koukulla, maadoitettu			9 W		IP20		
112	1. krs	RK01	Valaisinpistorasia, koukulla, maadoitettu			9 W		IP20		
102	1. krs	RK02	LED-seinävalaisin, 9W	Airam	Ocean	9 W	LED-moduli	IP44		4207333
103	1. krs	RK02	Työpistevalaisin, 28W	Alpilux	Ami	9 W	G5	IP21		4103172
104	1. krs	RK02	LED-yleisvalaisin, 15W	Airam	Ronda	9 W	LED-moduli	IP20		4116116
112	1. krs	RK02	Valaisinpistorasia, koukulla, maadoitettu			9 W		IP20		
112	1. krs	RK02	Valaisinpistorasia, koukulla, maadoitettu			9 W		IP20		
112	1. krs	RK02	Valaisinpistorasia, koukulla, maadoitettu			9 W		IP20		
112	1. krs	RK02	Valaisinpistorasia, koukulla, maadoitettu			9 W		IP20		

Kuvio 12. MagiCAD:llä luotu valaisinluettelo Excel -taulukkona

Muiden määräluetteloiden tulostaminen MagiCAD:stä tapahtuu samaan tapaan, jolloin täytyy itse valita mitä komponentteja luetteloon haluaa, mitä tietoja kyseisistä komponenteista luetteloon otetaan mukaan ja miltä tasoilta luettelo halutaan tehdä.

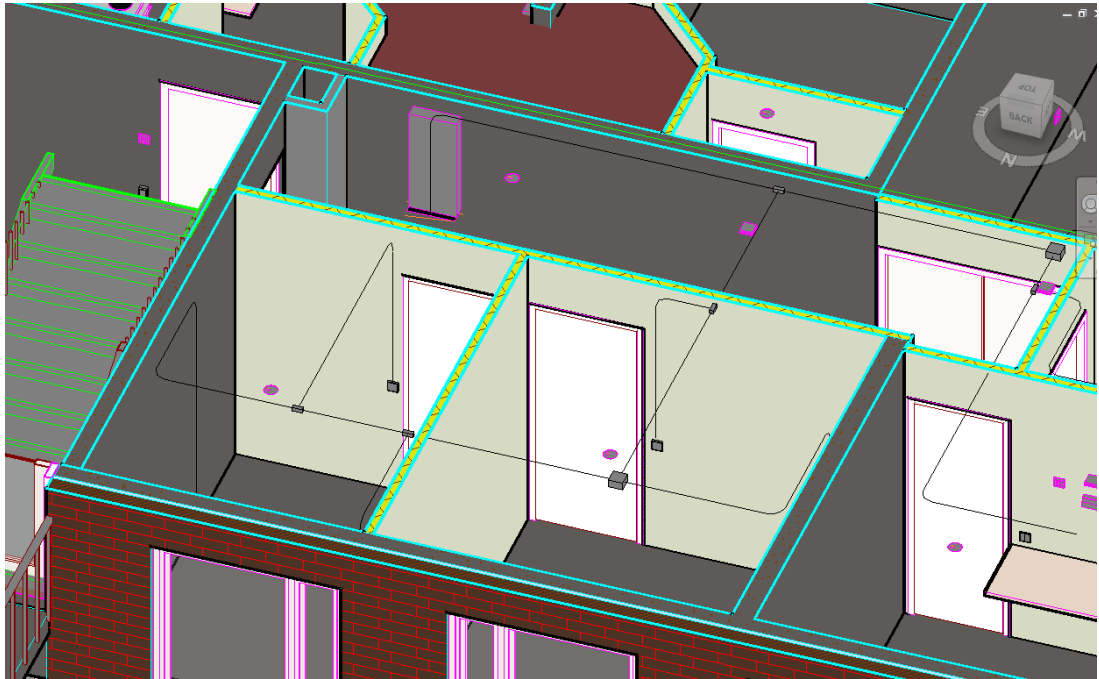
5.3.2 Syöttökaapelin pituus

MagiCAD:ssä on myös mahdollista saada tieto sähköryhmän syöttökaapelin pituudesta. Ensin on luotava reitti keskukselta ryhmän lähelle, jota pitkin syöttökaapeli kulkee. Tämä tapahtuu Conduit –työkalulla, jonka mukaan MagiCAD osaa automaattisesti laskea pituuden ryhmän syöttökaapelille. Kuviossa 13 on esitetty kuvassa olevan valaisimen syöttökaapelin pituus millimetreinä Properties –laatikon kohdassa MC_Supply_cable_length.



Kuvio 13. Valaisinryhmän syöttökaapelin pituus

Tietomallia tarkasteltaessa 3D-näkymässä, kaapelit eivät näy mallinnettuna. Syöttö-kaapelireitit kuitenkin näkyvät mallissa, sillä ne ovat tehty Conduit –työkalulla, jolla on alun perin ollut tarkoitus mallintaa putkijohtoja ja siksi niille löytyy ohjelmasta 3D-mallit. Kuviossa 14 näkyy 3D-mallinnetut reitit, joilla voi kuvastaa kaapelien reittejä.



Kuvio 14. 3D-mallinnetut johtotiet

6 Tutkimustulokset

6.1 Laserkeilauksen hyödyntäminen tietomallipohjaisessa sähkösuunnittelussa

Tietomallipohjainen sähkösuunnittelu vaatii pohjalle rakennuksen tietomallin, jonka päälle suunnittelu tehdään. Tietomalli voidaan luoda joko pohjapiirustusten mukaan, mutta myös laserkeilauksella pystytään luomaan rakennuksen todellisia muotoja vastaava pistepilvi, jonka pohjalta tietomalli sähkösuunnittelua varten voidaan tehdä. Laserkeilatun kohteen etuina ovat että siitä saadaan tarkka pohja suunnittelulle, jolloin mahdolliset muutokset ovat tiedossa ja työmaalla vältetään yllätyksiltä (Lahtinen 2016).

Opinnäytetyössä sähkösuunnittelu tehtiin MagiCAD:llä, joka Revit:n lisäosana sopi työhön hyvin. Sähkösuunnittelun tekeminen käyttämällä kyseistä tapaa on myös mutkaton, sillä Revit:llä voidaan laserkeilaamalla saatu pistepilvi muuttaa tietomalliksi, johon MagiCAD:llä tehdään sähkösuunnittelu.

Laserkeilausta voi siis hyödyntää tulevaisuudessa samalla periaatteella, kuin opinnäytetyön esimerkkitapauksessa. Käyttämällä työssä käytettyjä ohjelmia ei synny mahdollisia ongelmia, joita voisi tapahtua jos laserkeilatusta aineistosta tehty rakennuksen tietomalli tehtäisiinkin kolmannen osapuolen ohjelmalla, sillä suunnittelutyö pysyy Revit:n sisällä.

Tietomallia hyödyntävät ohjelmistot kuten Revit ja MagiCAD kuitenkin tukevat kansainvälistä IFC-standardia 2x3, jolla taataan ohjelmistojen yhteensopivuus myös muiden tietomallia hyödyntävien ohjelmistojen välillä.

6.2 Mitä etuja on saavutettavissa tietomallinnusta hyödyntävässä sähkösuunnittelussa?

6.2.1 Määräluettelot

Tietomallipohjainen sähkösuunnittelu voi osittain poistaa erikseen tehtäviä työvaiheita. Tietomallista pystyy luomaan tarvittavia määräluetteloita projektissa sijaitsevista komponenteista. Luetteloiden kattavuus määräytyy siitä, kuinka hyvin tietomallin komponenttien tiedot on täytetty, kun sähkösuunnittelua on tehty.

Esimerkiksi valaisinluettelo on voitu aikaisemmin luoda käsin ja se on ollut omana sähkösuunnittelun työvaiheenaan. Tietomallista on mahdollista tulostaa ulos valmis valaisinluettelo ja se vaatii, että valaisimia sijoitettaessa tasokuvaan, valaisinkomponenteilla pitää olla täytettynä ne tarvittavat tiedot, jotka luetteloon halutaan, jotta

tietomallista tulostettavalla valaisinluettelolla voitaisiin korvata erikseen tehtävä luettelo.

Tasojen merkitys on olennainen luetteloita tehdessä. Käytettäessä MagiCAD:n Bill of Materials –työkalua, luettelo voidaan laatia tiettyjen tasojen mukaisesti. Opinnäytetyössä tasot olivat kerroskohtaisia, mutta jos haluttaisiin tehdä määräluettelo jokaisen kerroksen yleisistä tiloista, pitäisi tasot määritellä tietomalliin uudelleen.

6.2.2 Kaapelitietojen hyödyntäminen

Opinnäytetyössä tehdyssä tietomallissa on mahdollista luoda sähköryhmälle syöttökaapeli, jonka pituuden MagiCAD automaattisesti laskee. Syöttökaapelin pituuden tarkkuus riippuu täysin siitä, kuinka tarkasti syöttökaapelin reitti on mallinnettu ja kuinka tarkasti suunniteltua reittiä todellisuudessa seurataan. Syöttökaapelin pituuden tietoa voisi hyödyntää kustannusarviota tehdessä, jos ollaan varmoja että ohjelmiston laskema pituus on tarpeeksi lähellä todellista pituutta. Sekä pienemmissä sähkösuunnittelukohteissa voitaisiin jo ennen rakentamista tietää, kuinka paljon kaapeleita pitää varata asennuksia varten. Kaikkien kaapelireittien tarkka mallintaminen on kuitenkin aikaa vievää ja sen tuomat edut pitäisi kunnolla selvittää, jotta saadaan selville mitä hyötyjä suunnitteluvaiheeseen käytetty lisäaika toisi.

6.3 Mitä tulevaisuuden näkymiä tietomallipohjaisella suunnittelulla on?

6.3.1 Seminaari: Tilaaja avainasemassa tietomallien käytölle!

Rakennusinsinööriliiton vuonna 2011 järjestämässä seminaarissa Tilaaja avainasemassa tietomallien käytölle! käytiin läpi tietomallien osuutta projekteissa Suomessa ja maailmalla, sekä sitä kuinka yleistymässä tietomallit niissä ovat. (Tilaaja avainasemassa tietomallien käytölle! 2011).

Liikenneviraston seminaariesityksessä Juha Noeskoski Taitorakentaminen –yksiköstä kertoo, että Liikennevirasto tulee tilaamaan viimeistään 1.4.2011 alkaen pääasiassa mallipohjaisia palveluita, joita tullaan hyödyntämään kaikissa väylänpidon vaiheissa. Mallipohjaisten palveluiden hyödyntäminen alkaa jo suunnittelun tilauksesta ja tulee jatkumaan koko väylän ja sen osien elinkaaren ajan. (Noeskoski 2011.)

Salfordin professori Arto Kiviniemi kertoi esityksessään Britanniassa tapahtuvasta mallinnuksen nopeasta kasvusta, kun Britannian hallitus tulee vaatimaan tietomallien käyttöä vähintään vuodesta 2016 (Kiviniemi 2011).

Suurten yritysten siirtyminen käyttämään tietomalleja sekä tilaajien vaatimuksia tietomallien käytöstä hankkeissaan, tulee merkittävästi lisäämään tuotemallien yleistymistä Suomessa.

6.3.2 Talotekniikkakysely 2015

BuildingSMART Finlandin toteuttaman Talotekniikkakysely 2015:ssa kysyttiin urakoitsijoiden, suunnittelijoiden sekä rakennuttajien että tilaajien mielipiteitä tietomallinnuksen tilasta Suomessa. Kyselyn vastauksista kävi ilmi, että toimintapoja tietomallipohjaisissa projekteissa pitää vielä kehittää, sillä niihin vaaditaan selkeyttä, mutta kuitenkin koetaan että henkilötasolla tietomallinnuksesta olisi apua ja hyötyä työssä. (Järvinen 2015).

Tietomallien täydellinen hyödyntäminen siis vaatii, että kaikki osapuolet ovat tietoisia omista vastuualueistaan projektissa ja selkeiden toimintatapojen vakiintuminen helpottaisi tietomalliprojektien toteuttamista. Kehitettävää tietomallien parissa työskentelemisessä vielä on, jotta tietomalleista saataisiin kaikki hyöty irti, mitä se tarjoaa perinteiseen suunnitteluun verrattuna.

Suomessa tietomalliin tukeutuva suunnittelu rakennushankkeissa on yleistymässä tulevaisuudessa ja monet suunnittelutoimistot joutuvatkin miettimään ottavatko mukaan tietomallipohjaisen suunnittelun.

7 Pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä kerrostalon sähköistys hyödyntäen tietomallipohjaista suunnittelua sekä tutkia mitä hyötyjä tietomallipohjainen suunnittelu voi tuoda perinteiseen suunnitteluun nähden. Kerrostalon suunnitelmista haluttiin myös sellaiset, että niitä voitaisiin mahdollisesti hyödyntää tulevaisuudessa.

Kerrostalon sähkösuunnitelmat saatiin luotua kiinteistöstä luotuun tietomalliin muuttaen niitä ensin kuntoarvioraportin pohjalta nykyaikaisemmiksi. Rakennus on sähköjärjestelmänsä osalta mallinnettu todellisuutta vastaavaksi. Hankaluutta työhön toivat alkuperäiset sähkösuunnitelmat, jotka olivat käsinpiirrettyjä ja paikoin epäselviä. Käytetyt ohjelmistot olivat minulle myös täysin uusia, joten työn aikana tutustuin ohjelmiin ja opettelin käyttämään niitä. Suunnitelmat saatiin kuitenkin onnistuneesti siirrettyä tietomalliin.

Opinnäytetyössä suoritettun kerrostalon sähköistyksen tekeminen oli kuitenkin työtavoiltaan samantyylistä kuin perinteinen suunnittelu. Suunnitteluohjelmisto loi automaattisesti tietomallin 3D-ympäristöön komponentteja, kun niitä sijoiteltiin pohjakuviin perinteistä menetelmää käyttäen joten suuria eroja perinteiseen suunnitteluun ei juurikaan ollut.

Tietomalli toimii toimeksiantajalla hyvänä esimerkkinä siitä, mitä tietomallipohjainen sähkösuunnittelu voi olla ja sillä voi myös hyvin havainnollistaa miltä sähköjärjestelmä todellisuudessa näyttää.

Aihe oli mielenkiintoinen, sillä perinteinen suunnittelutapa on taas muuttumassa ja ollaan siirtymässä teknologian kehittyessä entistä monipuolisempaan suunnitteluun.

Työstä on varmasti hyötyä tulevaisuudessa, sillä tietomallipohjainen suunnittelu on yleistymässä, joten siihen on ollut hyvä tutustua tämän kautta.

Lähteet

CADiE Sähkö. N.d. Tuote-esittely CAD-Q:n sivustolla. Viitattu 29.12.2015.
<http://www.cad-q.com/fi/tuotteet/tuotteet/cadie>.

Electric Pro. N.d. Tuote-esittely CADS Plannerin sivustolla. Viitattu 29.12.2015.
<http://www.cads.fi/fi/Tuotteet/S%C3%A4hk%C3%B6%20ja%20automaatio/K%C3%A4ytt%C3%B6tarkoitus/Tietomallipohjainen%203D-suunnittelu%20%28BIM%29>.

Harsia, Pirkko. 2013. TN-järjestelmä. TAMK Talotekniikka avoimet materiaalit. Viitattu 16.2.2016. <http://tate.blogs.tamk.fi/sahkoinen-talotekniikka/sahkoverkko/tn-jarjestelma/>

Henttinen, Tomi. 2015. Rakennetun omaisuuden digitalisaatio. PowerPoint –esitys. Viitattu 6.1.2016. <http://www.ril.fi/media/files/tietomallit/henttinen-buildingsmart-rodigi.pdf>

Hepac Pro. N.d. Tuote-esittely CADS Plannerin sivustolla. Viitattu 29.12.2015.
<http://www.cads.fi/fi/Tuotteet/LVIA/K%C3%A4ytt%C3%B6tarkoitus/Tietomallipohjainen%20suunnittelu/>.

IFC on MagiCAD. N.d. Artikkelit MagiCADin sivustolla. Viitattu 29.12.2015.
<http://www.magicad.com/en/content/ifc-magicad>.

Järvinen, Timo. 2015. BuildingSMART Finlandin Talotekniikan tietomallikysely 2015. PowerPoint –esitys kyselyn yhteenvedosta. Viitattu 13.1.2016.
https://asiakas.kotisivukone.com/files/buildingsmart.kotisivukone.com/uutiset/bSF_TATE/bSF_tate_Tero_Jarvinen_27.11.2015.pdf.

Kiviniemi, Arto. 2011. BIM käyttöön Britanniassa – onko konservatiivinen Britannia ohittamassa Suomen?. PowerPoint –esitys. Viitattu 14.1.2015.
http://www.ril.fi/media/files/tietomallit/bim_in_uk_20111013.pdf.

Lahtinen, Mikko. 2016. Projektipäällikkö. ProSolve Oy. 21.1.2016.

Laine, Tuomas. 2008. Tuotemallintaminen talotekniikkasuunnittelussa. Tampere: Rakennustieto.

Lappalainen, Markku. 2011. Kerrostalon peruskorjaus: suunnittelu ja toteutus taloyhtiössäni. Tampere: Rakennustieto.

Lausunto sähköjärjestelmistä. N.d. Yhteenveto kuntoarvion sähköjärjestelmistä. Jyväskylä.

Laserkeilaus. 2015. Wikipedia-artikkeli laserkeilauksesta. Viitattu 12.1.2016.
<https://fi.wikipedia.org/wiki/Laserkeilaus>.

MagiCAD lyhyesti. N.d. Tuote-esittely MagiCADin sivustolla. Viitattu 3.1.2016.
<http://www.magicad.com/fi/content/magicad-lyhyesti>.

Noeskoski, Juha. 2011. Liikennevirasto siirtyy tilaamaan tietomalleja siltahankkeissa. PowerPoint –esitys. Viitattu 14.1.2016.
<http://www.ril.fi/media/files/tietomallit/liikenneviraston-siirtyy-tilaamaan-tietomalleja-siltahankkeissa.pdf>.

ProDigit. N.d. 3D-skannauspalveluiden esittely ProSolve Oy:n sivustolla. Viitattu 26.10.2015. <http://www.prosolve.fi/digit/>.

ProKiPa. N.d. Kiinteistöpalveluiden esittely ProSolve Oy:n sivustolla. Viitattu 26.10.2015. <http://www.prosolve.fi/kipa/>.

ProLine. N.d. Konesuunnittelun esittely ProSolve Oy:n sivustolla. Viitattu 26.10.2015.
<http://www.prosolve.fi/line/>.

ProSolve. N.d. Historiaa ProSolve Oy:n sivustolla. Viitattu 26.10.2015.
<http://www.prosolve.fi/prosolve/>.

RS¹⁵ Kuntoarvio. 2011. Jyväskylä: Raksystems Anticimex.
ST 13.31 Rakennuksen sähköverkon ja liittymän mitoittaminen. 2001. Espoo: Sähköinfo.

Tilaaja avainasemassa tietomallien käytölle!. 2011. Rakennusinsinööriiton seminaari. Viitattu 14.1.2016. <http://www.ril.fi/fi/alan-kehittaminen/tietomallinnus/seminaari-tilaaja-avainasemassa-tietomallien-kaytolle.html>.

Standardit. N.d. Artikkelit BuildingSMART Finlandin sivustolla. Viitattu 19.12.2015.
<http://www.buildingsmart.fi/5>.

Teicholz, Paul M. 2013. BIM for facility managers, 27-29. Viitattu 26.10.2015.
[Http://www.jamk.fi/kirjasto](http://www.jamk.fi/kirjasto), Nelli-portaali, Ebrary